



UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA

**KESAN KOMPOSISI DAN MIKROSTRUKTUR TERHADAP
IMPEDANS DAN KEHILANGAN TENAGA
PENUMPAS EMI FERIT MgZn
DAN NiZn**

ZOLMAN BIN HARI

FSAS 2000 17

**KESAN KOMPOSISI DAN MIKROSTRUKTUR TERHADAP
IMPEDANS DAN KEHILANGAN TENAGA
PENUMPAS EMI FERIT $MgZn$
DAN $NiZn$**

Oleh

ZOLMAN BIN HARI

**Tesis ini Dikemukakan bagi Memenuhi Keperluan untuk Ijazah Doktor
Falsafah di Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar
Universiti Putra Malaysia**

Jun 2000



DEDIKASI

Teristimewa buat ayah dan ibu yang dihormati,

**HARI BIN ABDULLAH
ZAINAB BTE SANI**

Kepada isteri yang disayangi,

HARTINI BTE BUSIN

Kepada adik-beradik yang dikasihi,

**ZAKARIA BIN HARI
ZULLAILI BIN HARI
ZOLKEFLI BIN HARI
ZALIZA BTE HARI
ZAMRAN BIN HARI
RIDZUAN BIN HARI**

Dan kepada semua teman dan ahli **kumpulan Ferit UPM**

***DORONGAN, SOKONGAN DAN INSPIRASI ANDA TELAH
MEREALISASIKAN ASPIRASI TESIS INI***

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia
sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**KESAN KOMPOSISI DAN MIKROSTRUKTUR TERHADAP
IMPEDANS DAN KEHILANGAN TENAGA
PENUMPAS EMI FERIT MgZn
DAN NiZn**

Oleh

ZOLMAN BIN HARI

Jun 2000

Pengerusi : Prof. Madya Mansor bin Hashim, PhD

Fakulti : Sains dan Pengajian Alam Sekitar

Penumpas gelombang EMI telah menjadi satu peranti yang sangat penting pada masa kini dan akan datang kerana tanpanya teknologi elektronik frekuensi tinggi sukar direalisasikan dengan sempurna. Kesan perubahan komposisi dan mikrostruktur adalah menjadi tulang belakang dalam menghasilkan penumpas EMI yang sesuai dengan penggunaan semasa.

Dengan demikian projek ini bertujuan untuk melihat bagaimana komposisi dan mikrostruktur Ferit NiZn dan Ferit MgZn mempengaruhi ciri penumpas EMI terutamanya dari segi frekuensi resonans, magnitud impedans dan faktor kehilangan relatif. Kajian yang lebih mendalam telah dilakukan terhadap faktor kehilangan relatif dengan memisahkannya kepada tiga bahagian iaitu kehilangan histeresis, kehilangan arus pusar dan kehilangan intrinsik. Seterusnya faktor kehilangan relatif difokuskan hanya kepada kajian kesan kehilangan tenaga arus pusar terhadap penyerapan gelombang EMI.

Penyediaan bahan dilakukan dengan kaedah oksida yang melibatkan pensinteran lazim seramik. Sampel-sampel Siri A dan Siri B telah disediakan dengan penambahan ion Mn^{2+} dan pengurangan ion Ni^{2+} . Sampel Siri C disediakan dengan peningkatan ion Mg^{2+} dan pengurangan ion Cu^{2+} . Sampel Siri D disediakan dengan penambahan ion Ni^{2+} dan Zn^{2+} serta pengurangan ion Cu^{2+} . Dengan demikian penyediaan Siri A, Siri B, Siri C dan Siri D bertujuan untuk melihat kesan perubahan komposisi terhadap sifat magnet. Bagi Siri E hanya penambahan ion Fe^{3+} sahaja dilakukan yang bertujuan untuk mengkaji kesan arus pusar terhadap penyerapan gelombang EMI.

Pencirian bahan melibatkan tiga bahagian pengukuran yang penting iaitu parameter mikrostruktur, sifat elektrik dan sifat magnet.

Keputusan kajian mendapati kedudukan frekuensi resonans boleh dikawal dengan perubahan komposisi dan mikrostruktur. Pemisahan ketiga-tiga jenis kehilangan tenaga berjaya dilakukan dan didapati kehilangan histeresis berlaku pada frekuensi rendah dan kemudian diikuti oleh kehilangan arus pusar seterusnya kehilangan intrinsik berlaku pada frekuensi tinggi. Kehilangan histeresis dan arus pusar setiap satunya dipengaruhi oleh daya paksa dan kerintangan elektrik. Faktor utama yang mempengaruhi kehilangan intrinsik sukar ditentukan dan kajian lanjutan perlu dilakukan. Akhirnya didapati arus pusar yang banyak akan menyukarkan penyerapan gelombang EMI yang maksimum.

Abstract of the thesis presented to the Senate of Universiti Putra Malaysia in fulfilment of requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

**THE EFFECT OF COMPOSITION AND MICROSTRUCTURE
ON IMPEDANS AND MAGNETIC LOSSESS
FOR NiZn FERRITE AND MgZn FERRITE
EMI SUPPRESSORS**

By

ZOLMAN BIN HARI

June 2000

Chairman : Associate Professor Mansor bin Hashim, Ph.D.

Faculty : Science and Environmental Studies

EMI suppressors are very important devices for the development of high frequency electronic technology. The effects of composition and microstructure in the production of good EMI suppressors are the main focus of this research.

The objective of this project was to determine the influence of the compositions and microstructures of NiZn Ferrite and MgZn Ferrite on the characteristics of EMI suppressors made from those materials, particularly in terms of the resonance frequency, magnitude of the impedance and the relative loss factor. With regards to the relative loss factor, a simple method was applied to separate magnetic losses into hysteresis loss, eddy current loss and residual loss. Lastly, an effort was made to determine the effect of eddy current loss on the absorption of EMI by the suppressor.

The preparation of the sample was done by using the oxide method involving conventional sintering. The sample preparation began with by increasing the Mn^{2+} ion and reducing the Ni^{2+} ions for samples Series A and Series B. Samples Series C was prepared with increasing Mg^{2+} ions and reducing Cu^{2+} ions. Series D was prepared with increasing Ni^{2+} ions and Zn^{2+} ions and reducing Cu^{2+} ions. Therefore Series A, Series B, Series C and Series D were formulated to see the effect of this compositional change on some magnetic properties. Series E involved only the increase of increasing Fe^{3+} for the purpose of seeing the effect of eddy currents on the EMI wave.

The characterisation of samples was divided into three parts, namely microstructural parameters, electrical properties and magnetic properties.

The results showed that the resonance frequency could be lowered or raised depending on the composition and microstructure. The magnetic loss was separated into hysteresis loss, eddy current loss and residual loss. The hysteresis loss was dominant at low frequency and the residual loss was dominant at high frequency. The eddy current loss was dominant at frequencies between the frequency ranges for hysteresis loss and residual loss. The hysteresis loss and eddy current loss were influenced by the coercive force and electrical resistivity respectively. The main factor dominating residual loss, however, needs further investigation to clarify. Lastly high eddy currents thwarted the absorption of EMI wave by the suppressor.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah bersyukur saya kepada Allah kerana atas limpah dan kurnianya telah menganugerahkan segala kekuatan kepada hambanya untuk menyiapkan tesis ini.

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Mansor bin Hashim, selaku pengerusi Ahli Jawatankuasa penyeliaan tesis saya di atas segala nasihat, tunjuk ajar dan bimbingan yang telah beliau curahkan di sepanjang saya menyiapkan tesis ini. Semoga dengan usaha beliau yang tidak mengenal penat lelah dan jemu itu akan diberi ganjaran oleh Allah s.w.t.

Ucapan jutaan terima kasih kepada ahli jawatankuasa penyeliaan tesis iaitu Prof. Madya Dr. Wan Mohamad Daud bin Wan Yusoff dan Dr. Jamil Suradi di atas pandangan dan teguran yang membina dalam proses menyiapkan penulisan tesis ini.

Tidak lupa juga saya mengucapkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan Norhana, Tan, Rohaida, Soo Fong, Rosidah, Masdhia, Lucia, Azhan, Mohamed, Halim, Rosmiza, Lim dan rakan-rakan lain kerana bantuan, dorongan serta pandangan yang bernas semasa proses tesis ini disiapkan.

Akhir kata, jika terdapat segala kekurangan dan kelemahan di dalam tesis ini semuanya berpunca daripada kelemahan diri saya sendiri dan sesungguhnya segala kebaikan dan keindahan itu datangnya daripada Allah. Wassalam.

Saya mengesahkan bahawa Jawatankuasa Pemeriksa bagi Zolman bin Hari telah mengadakan pemeriksaan akhir pada 27 hb Jun 2000 untuk menilai tesis Doktor Falsafah beliau yang bertajuk “Kesan Komposisi dan Mikrostruktur Terhadap Impedans dan Kehilangan Tenaga Penumpang EMI Ferit MgZn dan NiZn” mengikut Akta Universiti Pertanian (Ijazah Lanjutan) 1980 dan Peraturan-peraturan Universiti Pertanian Malaysia (Ijazah Lanjutan) 1981. Jawatankuasa Pemeriksa memperakukan bahawa calon ini layak di anugerahkan ijazah tersebut. Anggota Jawatankuasa Pemeriksa adalah seperti berikut:

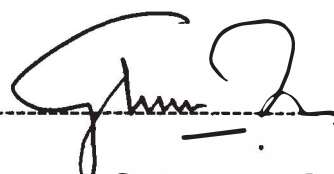
Abdul Halim Shaari, Ph.D
Profesor
Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar
Universiti Putra Malaysia
(Pengerusi/Wakil Dekan Pengajian Siswazah)

Mansor Hashim, Ph.D
Profesor Madya
Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar
Universiti Putra Malaysia
(Ahli)

Wan Mohamad Daud Wan Yusoff, Ph.D
Profesor Madya
Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar
Universiti Putra Malaysia
(Ahli)

Jamil Suradi, Ph.D
Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar
Universiti Putra Malaysia
(Ahli)

Sahrim Hj. Ahmad, Ph.D
Profesor Madya
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
(Pemeriksa Luar)



MOHD GHAZALI MOHAYIDIN, Ph.D
Profesor
Timbalan Dekan Pusat Pengajian Siswazah
Universiti Putra Malaysia

Tarikh : **03 JUL 2000**

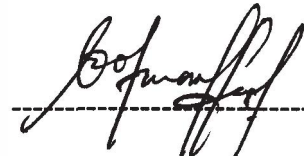
Tesis ini telah diserahkan kepada Senat Universiti Putra Malaysia dan telah diterima sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Doktor Falsafah.



KAMIS AWANG , Ph.D
Profesor Madya
Dekan Pusat Pengajian Siswazah
Universiti Putra Malaysia

Tarikh : **13 JUL 2000**

Saya mengaku bahawa tesis ini adalah hasil kerja saya yang asli melainkan petikan dan sedutan yang telah diberi penghargaan di dalam tesis. Saya juga mengaku bahawa tesis ini tidak dimajukan untuk ijazah-ijazah lain di Universiti Putra Malaysia atau di institusi-institusi lain.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Zolman Hari', is written over a horizontal dashed line.

(ZOLMAN HARI)

Tarikh : 27 Jun 2000

KANDUNGAN

Muka Surat

DEDIKASI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
PENGHARGAAN	vii
LEMBARAN PENGESAHAN	viii
PENYATAAN KEASLIAN	x
SENARAI JADUAL	xv
SENARAI RAJAH	xvii
SENARAI GAMBAR	xxiii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xxiv

BAB

I	PENDAHULUAN	1
	Kesan pencemaran gelombang EMI	2
	Rahsia Keunikan Ferit	3
	Asas Kajian	4
	Objektif khusus	6
	Kepentingan Kajian	7
	Batasan Kajian	8
	Penumpas EMI Dalam Teknologi Ferit Terkini dan Masa Depan	10
II	SOROTAN LITERATUR	11
	Penumpas EMI Dan Kehilangan Tenaga	12
	Anjakan Frekuensi Resonans	15
	Pemisahan Tenaga	15
	Kesan Arus Pusar	17
	Kajian lain yang berkaitan	17
III	GELOMBANG EMI DAN KEHILANGAN TENAGA	20
	Sejarah Kajian Gelombang EMI	21
	Mekanisme gelombang EMI	22
	Penumpas gelombang EMI	25
	Impedans (Z)	27
	Faktor Kehilangan Dan Faktor Kualiti	30
	Kehilangan Tenaga	32
	Kehilangan Histeresis	33
	Kehilangan Arus Pusar	36
	Kehilangan Intrinsik	37
	Kehilangan Tenaga Dielektrik	39

	Kehilangan Tenaga Relaksasi	39
	Kehilangan Tenaga Resonans	40
	Pemisahan Tenaga	41
1V	TEORI HUBUNGAN STRUKTUR-SIFAT BAGI FERIT.....	44
	Struktur Hablur dan Komposisi Ferit	45
	Mikrostruktur Ferit	49
	Mikrostruktur Butiran.....	49
	Mikrostruktur Domain.....	50
	Perhubungan Domain Dengan Butiran Ferit.....	55
	Sifat Magnet, Elektrik dan Dielektrik	55
	Peranan Kation Logam	58
	Penstabilan Valensi Fe ³⁺	60
	Peranan Mikrostruktur	61
	Peranan Saiz Butiran	63
	Kesan Arus Pusing Terhadap Gelombang EMI.....	64
V	KAEDAH KAJIAN HUBUNGAN STRUKTUR-SIFAT	
	DALAM FERIT	67
	Pembentukan Formula Komposisi	68
	Penyediaan Sampel	70
	Pemilihan Bahan Mentah.....	71
	Penimbangan Serbuk Oksida Logam.....	72
	Percampuran Serbuk Oksida Logam.....	72
	Pra-sinteran.....	74
	Penghancuran.....	75
	Pembutiran	76
	Pembentukan	78
	Pensinteran Akhir.....	78
	Pencirian Bahan	80
	Parameter Kerja	81
	Pengukuran Sifat Magnet	82
	Pengukuran Sifat Elektrik	83
	Pengukuran Kerintangan	84
	Pengukuran Ketumpatan	84
	Analisis Mikrostruktur dan Fasa Hablur	85
	EDX Dan XRD.....	87
	Kaedah Anjakan Frekuensi Resonans	87
	Kaedah Pemisahan Kehilangan Tenaga	88
	Mengkaji Kesan Arus Pusing	91

VI	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	92
	EDX dan XRD	92
	Sifat Mikrostruktur	95
	Kerintangan Elektrik dan Ketumpatan	112
	Sifat Magnet	116
	Parameter Gelung Histeresis	117
	Ketelapan Relatif	122
	Kehilangan Tenaga Bandingan dan Impedans	127
	Anjakan Frekuensi Resonans	129
	Perubahan Nilai $\tan\delta/\mu'$ dan impedans Terhadap Frekuensi	137
	Pemisahan Kehilangan Tenaga	141
	Kehilangan Tenaga Histeresis	142
	Kehilangan Tenaga Arus Pesar	146
	Kehilangan Tenaga Intrinsik	147
	Pengaruh Arus Pesar Terhadap Penumpasan Gelombang EMI	148
VII	RINGKASAN DAN RUMUSAN	151
	Ringkasan	151
	Penemuan Utama	153
	Rumusan	156
	Cadangan Kajian Lanjutan	159
	BIBLIOGRAFI	161

LAMPIRAN	169
A Komposisi bagi Siri A, Siri B, Siri C, Siri D dan Siri E.....	170
B Takrifan parameter kerja dan Istilah Fizik	173
C Sumber gelombang EMI dan aplikasi penumpas EMI	174
D Teknik asas pengujian EMI yang tersinar dan teralir	178
E Bentuk penumpas EMI yang boleh dibentuk mengikut kegunaan	180
F Terbitan formula ketelapan	181
G Pengukuran sifat magnet H_c dan M_s	183
H Hasil analisis EDX	187
I Hasil analisis XRD	205
J Hasil kerja penerbitan	208
 VITA	 218

SENARAI JADUAL

Jadual	Muka surat
1 Kandungan dan kedudukan ion bagi spinel normal dan spinel songsang	48
2 Saiz purata butiran bagi sampel Siri A	99
3 Saiz purata butiran bagi sampel Siri B	102
4 Saiz purata butiran bagi sampel Siri C	105
5 Saiz purata butiran bagi sampel Siri D	108
6 Saiz purata butiran bagi sampel Siri E	111
7 Nilai kerintangan dan ketumpatan bagi sampel Siri A	112
8 Nilai kerintangan dan ketumpatan bagi sampel Siri B	113
9 Nilai kerintangan dan ketumpatan bagi sampel Siri C	114
10 Nilai kerintangan dan ketumpatan bagi sampel Siri D	115
11 Nilai kerintangan dan ketumpatan bagi sampel Siri E	116
12 Nilai H_c dan M_s yang didapati dari gelung Histeresis bagi sampel Siri A	117
13 Nilai H_c dan M_s yang didapati dari gelung histeresis bagi sampel Siri B	119
14 Nilai H_c dan M_s yang didapati dari gelung histeresis bagi sampel Siri C	120
15 Nilai H_c dan M_s yang didapati dari gelung histeresis bagi sampel Siri D	121
16 Nilai H_c dan M_s yang didapati dari gelung histeresis bagi sampel Siri E	121
17 Ringkasan keputusan analisis mikrostruktur, sifat elektrik dan sifat magnet	128
18 Ringkasan keputusan analisis graf impedans lawan frekuensi.....	139

19	Ringkasan keputusan analisis graf $\tan\delta/\mu'$ lawan frekuensi.....	140
20	Ringkasan analisis pemisahan tenaga pada frekuensi 100 kHz.....	150
21	Ringkasan keputusan kajian keseluruhan.....	154
22	Pertambahan MnO dengan pengurangan NiO bagi Siri A.....	170
23	Pertambahan MnO dengan pengurangan NiO bagi Siri B	170
24	Pertambahan $\text{Mg}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ terhadap pengurangan $\text{Cu}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ bagi Siri C	171
25	Pertambahan $\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$ terhadap pengurangan $\text{Cu}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ bagi Siri D	171
26	Pertambahan kuprum dengan pengurangan nikel bagi Siri E	172
27	Data dari ujian sinaran EMI.....	179

SENARAI RAJAH

Rajah	Muka surat
1. Kedudukan penumpas EMI dipasang pada setiap kabel sesebuah komputer.....	4
2. Gambaran objektif kajian mengikut susunan yang semakin mengkhusus.	5
3. Pencemaran EMI masuk dan keluar dari sistem dalam bentuk pancaran, medan dan aliran.	23
4. Contoh menunjukkan 3 gelombang gangguan harmonik.....	24
5. Graf menunjukkan keamatan gelombang untuk 10 frekuensi.....	24
6. Prinsip penumpasan atau penapisan EMI.....	26
7. Lengkok pemagnetan bagi bahan ferit.....	28
8. Hubungan reaktans dengan Z dan R	29
9. Litar elektrik yang sama fungsi dengan penumpas EMI.....	29
10. Cara penumpas EMI beroperasi.....	30
11. Perkaitan impedans dengan $R(f)$ dan $jX_L(f)$	30
12. Hubungan faktor kehilangan dengan ketelapan.....	31
13. Gelung histeresis.....	34
14. Elektron buat gerakan membulat membentuk arus pusar dalam bahan ferit.....	37
15. Kedudukan momen magnet sebelum dan selepas medan H dikenakan.....	38
16. Dua jenis tapak a) tapak tetrahedron atau tapak A dan b) tapak oktahedron atau tapak B.....	46
17. Struktur hablur a) sel unit lapan oktan dan b) untuk kedudukan ion mengikut tapak masing-masing.....	47
18. Domain yang terbentuk disebabkan untuk memperolehi Kedudukan stabil dan kurang tenaga diperlukan.....	51

19	Kedudukan domain dalam tiga dimensi.....	52
20	Dinding domain yang menunjukkan putaran momen.....	53
21	Perubahan dinding domain bila medan magnet luar dikenakan mengikut kedudukan gelung histeresis	54
22	Mikrostruktur saiz butiran yang kecil dan seragam.....	62
23	Mikrostruktur saiz butiran yang besar dan seragam.....	62
24	Mikrostruktur saiz butiran yang tidak berapa besar dan tidak seragam.....	63
25	Hubungan frekuensi resonan dengan saiz butiran dalam graf impedan lawan frekuensi.....	64
26	Kesan arus pusar bagi bahan logam dan ferit.....	65
27	Skema penyediaan sampel.....	71
28	Campuran homogen dan saiz serbuk oksida logam yang dikehendaki	73
29	Skema pembakaran awal.....	74
30	Tindak balas antara butiran semasa pra-sinter.....	75
31	Gambaran mikrostruktur sampel selepas proses penghancuran.....	76
32	Gambaran mikrostruktur butiran yang dicampur dengan PVA.....	77
33	Bentuk toroid yang dihasilkan.....	78
34	Skema pembakaran akhir.....	79
35	Mikrostruktur tindak balas butiran semasa sinter.....	79
36	Pengukuran Z, L dan Q.....	83
37	Skema proses analisis mikrostruktur.....	85
38	Hubungan kehilangan tenaga dalam graf $\tan\delta/\mu'$ lawan frekuensi	88
39	Graf $\tan\delta/\mu'$ lawan frekuensi bagi nilai B_1 (arus $I=I_1$) dan B_2 (arus $I=I_2$).....	89

40	Perubahan ketelapan relatif terhadap frekuensi bagi sampel Siri A (%Mn↑, %Ni↓).....	122
41	Perubahan ketelapan relatif terhadap frekuensi bagi sampel Siri B (%Mn↑, %Ni↓).....	124
42	Perubahan ketelapan relatif terhadap frekuensi bagi sampel Siri C (%Mg↑, %Cu↓).....	125
43	Perubahan ketelapan relatif terhadap frekuensi bagi sampel Siri D (%Ni dan Zn↑, %Cu↓).....	126
44	Perubahan ketelapan relatif terhadap frekuensi bagi sampel Siri E (%Fe ₂ O ₃ ↑).....	127
45	Perubahan frekuensi resonan dan tanδ/μ' bagi Siri A.....	130
46	Perubahan frekuensi resonan dan impedans bagi Siri A.....	131
47	Perubahan frekuensi resonan dan tanδ/μ' bagi Siri B.....	132
48	Perubahan frekuensi resonan dan impedans bagi Siri B.....	132
49	Perubahan frekuensi resonan dan tanδ/μ' bagi Siri C.....	133
50	Perubahan frekuensi resonan dan impedans bagi Siri C.....	134
51	Perubahan frekuensi resonan dan tanδ/μ' bagi Siri D.....	135
52	Perubahan frekuensi resonan dan impedans bagi Siri D.....	135
53	Perubahan frekuensi resonan dan tanδ/μ' bagi Siri E.....	136
54	Perubahan frekuensi resonan dan impedans bagi Siri E.....	137
55	Pemisahan tenaga Siri A terhadap bilangan mol (MnO↑, NiO↓)	143
56	Pemisahan tenaga Siri C terhadap peratus bahan ferit (% Mg _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄ ↑ , % Cu _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄ ↓)	143
57	Pemisahan tenaga Siri D terhadap peratus bahan ferit (% Ni _{0.3} Zn _{0.7} Fe ₂ O ₄ ↑ , % Cu _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄ ↓).....	144
58	Pemisahan tenaga Siri E terhadap penambahan peratus Fe ₂ O ₃	144
59	Pemisahan tenaga Siri B terhadap bilangan mol (MnO↑, NiO↓).....	145

60	Kegunaan penumpas EMI di kabel video.....	174
61	Penggunaan penumpas EMI dalam transformer.....	174
62	Penumpas EMI dalam punca kuasa DC.....	175
63	Cara yang salah kedudukan penumpas EMI.....	175
64	Cara yang betul kedudukan penumpas EMI.....	175
65	Sumber EMI utama dari PC Board komputer.....	176
66	Sumber EMI dari bahagian lain komputer.....	176
67	Penyelesaian masalah EMI dalam sebuah komputer dengan meletakkan penumpas EMI.....	177
68	Konfigurasi ujian sinaran EMI pada komputer.....	178
69	Bentuk-bentuk penumpas EMI mengikut kegunaan.....	180
70	Dimensi toroid yang diukur bagi pengiraan ketelapan.....	182
71	Litar bagi pengukuran H_c dan M_s melalui gelung histeresis.....	183
72	Gelung histeresis yang terpapar di Osiloskop.....	184
73	Perubahan kandungan ion logam sampel MNF1 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$)	187
74	Perubahan kandungan ion logam sampel MNF2 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	187
75	Perubahan kandungan ion logam sampel MNF3 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	188
76	Perubahan kandungan ion logam sampel MNF4 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	188
77	Perubahan kandungan ion logam sampel MNF5 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$)	189
78	Perubahan kandungan ion logam sampel MNC1 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	190
79	Perubahan kandungan ion logam sampel MNC2 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	190
80	Perubahan kandungan ion logam sampel MNC3 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	191
81	Perubahan kandungan ion logam sampel MNC4 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	191
82	Perubahan kandungan ion logam sampel MNC5 ($MnO\uparrow$, $NiO\downarrow$).....	192
83	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF1 ($MgO\uparrow$, $CuO\downarrow$)	193

84	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF2 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	193
85	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF2 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	194
86	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF2 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	194
87	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF3 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	195
88	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF3 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	195
89	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF3 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	196
90	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF4 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	196
91	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF4 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$)	197
92	Perubahan kandungan ion logam sampel MCF4 ($\text{MgO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	197
93	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF1 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	198
94	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF1 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	198
95	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF1 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	199
96	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF1 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	199
97	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF2 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$)	200
98	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF3 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	200
99	Perubahan kandungan ion logam sampel NCF4 (NiO dan $\text{ZnO}\uparrow$, $\text{CuO}\downarrow$).....	201
100	Perubahan kandungan ion logam sampel NZF1 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\uparrow$).....	202
101	Perubahan kandungan ion logam sampel NZF2 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\uparrow$)	202
102	Perubahan kandungan ion logam sampel NZF3 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\uparrow$).....	203
103	Perubahan kandungan ion logam sampel NZF4 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\uparrow$)	203
104	Perubahan kandungan ion logam sampel NZF5 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\uparrow$).....	204

105	Difraktogram XRD Siri A.....	205
106	Difraktogram XRD Siri B..	205
107	Difraktogram XRD Siri C.....	206
108	Difraktogram XRD Siri D.....	206
109	Difraktogram XRD Siri E	207

SENARAI GAMBAR

Gambar	Muka surat
1 Mikrostruktur sampel MNF1 (Siri A).....	96
2 Mikrostruktur sampel MNF2 (Siri A).....	96
3 Mikrostruktur sampel MNF3 (Siri A).....	97
4 Mikrostruktur sampel MNF4 (Siri A).....	97
5 Mikrostruktur sampel MNF5 (Siri A).....	98
6 Mikrostruktur sampel MNC1 (Siri B).....	100
7 Mikrostruktur sampel MNC2 (Siri B).....	100
8 Mikrostruktur sampel MNC3 (Siri B).....	101
9 Mikrostruktur sampel MNC4 (Siri B).....	101
10 Mikrostruktur sampel MNC5 (Siri B).....	102
11 Mikrostruktur sampel MCF1 (Siri C).....	103
12 Mikrostruktur sampel MCF2 (Siri C).....	104
13 Mikrostruktur sampel MCF3 (Siri C).....	104
14 Mikrostruktur sampel MCF4 (Siri C).....	105
15 Mikrostruktur sampel NCF1 (Siri D).....	106
16 Mikrostruktur sampel NCF2 (Siri D).....	107
17 Mikrostruktur sampel NCF3 (Siri D).....	107
18 Mikrostruktur sampel NCF4 (Siri D).....	108
19 Mikrostruktur sampel NZF1 (Siri E).....	109
20 Mikrostruktur sampel NZF2 (Siri E).....	109
21 Mikrostruktur sampel NZF3 (Siri E).....	110
22 Mikrostruktur sampel NZF4 (Siri E).....	110
23 Mikrostruktur sampel NZF5 (Siri E).....	111

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

ρ	kerintangan (ohm cm)
ω	frekuensi sudut
μ	mikron
μ_B	magneton Bohr
μ'	ketelapan
μ_i	ketelapan relatif
μ''	kehilangan tenaga
α	berkadaran
χ	kerentanan
a_0	saiz butiran
j	$\sqrt{-1}$
B_s	ketumpatan fluk magnet tepu
B_r	ketumpatan fluk magnet sisa
Cu	kuprum
$^{\circ}\text{C}$	darjah celsius
D	diameter butiran
EMI	interferens elektromagnet
FKR	faktor kehilangan (relatif)
f	frekuensi
GHz	gigahertz
H	medan magnet
H_c	daya paksa
L	Induktans